

Bước đầu nghiên cứu hình thái, sinh khối, và hô hấp của quần xã tuyến trùng sống tự do ở sông Ba Lai, tỉnh Bến Tre

Trần Thành Thái¹, Nguyễn Thị Mỹ Yến¹, Lâm Văn Tân², Phạm Ngọc Hoài^{3,4}, Ngô Xuân Quảng^{1,3,*}



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

¹Viện Sinh học Nhiệt đới, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

²Sở Khoa học và Công nghệ tỉnh Bến Tre, tỉnh Bến Tre

³Học viện Khoa học và Công nghệ, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

⁴Viện Phát triển Ứng dụng, Trường Đại học Thủ Dầu Một, tỉnh Bình Dương

Liên hệ

Ngô Xuân Quảng, Viện Sinh học Nhiệt đới, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

Học viện Khoa học và Công nghệ, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

Email: ngoxuanq@gmail.com

Lịch sử

- Ngày nhận: 31-5-2021
- Ngày chấp nhận: 10-01-2022
- Ngày đăng: 01-02-2022

DOI: 10.32508/stdjns.v6i1.1082



Bản quyền

© ĐHQG Tp.HCM. Đây là bài báo công bố mở được phát hành theo các điều khoản của the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



TÓM TẮT

Quần xã tuyến trùng sống tự do có vai trò quan trọng trong hệ sinh thái nền đáy và đã được chứng minh là công cụ tốt để chỉ thị cho chất lượng môi trường thủy vực. Các đặc điểm của tuyến trùng sống tự do về hình thái và sinh khối còn ít được quan tâm nghiên cứu, mặc dù chúng là hai đặc điểm quan trọng trong nghiên cứu sinh thái học tuyến trùng. Cho nên nghiên cứu được tiến hành với mục tiêu đánh giá các đặc điểm hình thái, sinh khối, và mức hô hấp của quần xã tuyến trùng sống tự do ở sông Ba Lai, tỉnh Bến Tre, đồng thời, xem xét mối tương quan giữa các đặc điểm trên và độ mặn nước sông. Kết quả nghiên cứu cho thấy nhóm tuyến trùng hình dạng mảnh mảnh chiếm ưu thế tuyệt đối trong quần xã, sau đó là nhóm hình dạng dài–nhỏ, và ít nhất là nhóm hình dạng ngắn–to. Các cá thể trong quần xã tuyến trùng sống tự do sông Ba Lai có kích thước nhỏ, dẫn tới sinh khối và hô hấp thấp. Sinh khối trung bình ($\mu\text{gC.cá thể}^{-1}$) từ 0,02–0,04, trong khi tổng sinh khối (mgC.m^{-2}) quần xã từ 1,28–224,29. Hô hấp trung bình ($\text{nlO}_2.\text{giờ}^{-1}.\text{cá thể}^{-1}$) từ 0,32–0,67 và tổng hô hấp ($\text{mlO}_2.\text{ngày}^{-1}.\text{m}^{-2}$) từ 0,27–24,99. Ngoài ra, chiều dài, tỷ lệ dài/rộng, tỷ lệ các nhóm hình thái, tổng sinh khối, tổng hô hấp, và mức hô hấp đều có tương quan với độ mặn. Đây là một trong những nghiên cứu đầu tiên đánh giá đặc điểm hô hấp của quần xã tuyến trùng ở Việt Nam, bên cạnh các đặc điểm truyền thống (mật độ, đa dạng sinh học, cấu trúc phân bố), các đặc điểm liên quan đến hình thái, sinh khối, và trao đổi chất của tuyến trùng có tiềm năng dùng làm chỉ thị sinh học.

Từ khoá: chỉ thị sinh học, đồng bằng sông Cửu Long, động vật đáy không xương sống, quan trắc sinh học, thủy sinh vật

GIỚI THIỆU

Tuyến trùng (Nematoda) là ngành động vật không xương sống, rất phong phú và đa dạng trong giới động vật, có thể nói rằng khoảng 90% số lượng cá thể trong thế giới động vật đa bào là tuyến trùng¹. Nguyễn Ngọc Châu cho rằng: về số lượng loài, tuyến trùng có thể lên tới hàng triệu loài, ngang hoặc chỉ sau nhóm côn trùng². Tuyến trùng luôn luôn có mặt và chiếm ưu thế trong mọi sinh cảnh³, chúng được xem là nhóm động vật chiếm ưu thế tuyệt đối về số lượng loài cũng như số lượng cá thể trong các nhóm động vật đáy⁴.

Quần xã tuyến trùng sống tự do (QXTT) đóng một vai trò quan trọng trong sự luân chuyển dòng vật chất ở hệ sinh thái nền đáy⁵. Tuyến trùng là một mắt xích trung gian quan trọng trong lưới thức ăn thủy vực giữa nhóm sinh vật sản xuất và nhóm sinh vật tiêu thụ bậc cao hơn (động vật đáy không xương sống, có xương sống)⁶. Tuyến trùng cùng với nhóm sinh vật sản xuất (vi sinh vật, tảo đáy, tảo lam) phân hủy các chất hữu cơ phức tạp thành các chất hữu cơ đơn giản⁷. Ngoài ra tuyến trùng cũng sử dụng chính nhóm sinh

vật này làm nguồn thức ăn và là con mồi cho các mắt xích cao hơn. Các nhóm này bao gồm động vật đáy không xương sống có kích cỡ trung bình (giáp xác rêu ngành, chân chèo, nhện nước, và nhóm giun), động vật đáy không xương sống cỡ lớn (chân bụng, giáp xác mười chân); động vật có xương sống (cá, ấu trùng lưỡng cư)⁸.

Quần xã tuyến trùng sống tự do đã được chứng minh là công cụ tốt để chỉ thị cho chất lượng môi trường trên cạn và thủy vực^{9–11}. Tuy nhiên, các đặc điểm của tuyến trùng về hình thái, sinh khối, khả năng trao đổi chất và chuyển hóa năng lượng còn ít được quan tâm nghiên cứu^{12,13}. Thực vậy, hình thái và sinh khối là hai khía cạnh rất quan trọng trong nghiên cứu sinh thái học tuyến trùng¹⁴. Hình thái và sinh khối có thể được sử dụng để tính toán khả năng trao đổi chất và năng lượng của tuyến trùng¹⁵. Ngo và cộng sự nghiên cứu QXTT ở các cửa sông Mê Kông đã cho thấy hình thái và sinh khối tuyến trùng nhạy cảm với các đặc điểm môi trường¹⁴. Hình thái, sinh khối, và mức hô hấp của QXTT ở phá Bizerte, Tunisia chịu sự ảnh hưởng mạnh từ tỷ lệ hạt trầm tích, dinh dưỡng và kim loại nặng¹⁶. QXTT thường chiếm ưu thế về

Trích dẫn bài báo này: Thái T T, Yến N T M, Tân L V, Hoài P N, Quảng N X. **Bước đầu nghiên cứu hình thái, sinh khối, và hô hấp của quần xã tuyến trùng sống tự do ở sông Ba Lai, tỉnh Bến Tre.** *Sci. Tech. Dev. J. - Nat. Sci.*; 6(1):1752-1765.

mật độ, đa dạng sinh học, và cả sinh khối trong nhóm động vật không xương sống loại kích cỡ trung bình (meiofauna)^{17,18}. Cho nên, khả năng trao đổi chất và chuyển hóa năng lượng của QXTT đóng vai trò quan trọng trong hệ sinh thái nền đáy.

Sông Ba Lai là một nhánh của sông Mê Kông, chảy trọn vẹn trong địa phận tỉnh Bến Tre. Sông góp phần điều hòa khí hậu trong vùng, cung cấp nước ngọt cho sinh hoạt và nông nghiệp, là khu vực khai thác thủy hải sản và trục giao thông đường thủy trọng yếu¹⁹. Năm 2002, công trình thủy lợi cống đập Ba Lai được đi vào hoạt động với mục đích ngăn mặn, trữ ngọt cho sinh hoạt và hoạt động nông nghiệp của người dân trong vùng nhất vào các tháng mùa khô. Tuy nhiên, hiện nay đã ghi nhận hiện tượng sông Ba Lai bị nhiễm mặn vào mùa khô, nguyên nhân do hệ thống thủy lợi chưa được thiết kế đồng bộ, nước mặn từ sông Mỹ Tho, xâm nhập vào thượng nguồn sông Ba Lai qua kênh An Hóa²⁰, nên ảnh hưởng đến sinh hoạt và sản xuất nông nghiệp của người dân trong vùng. Ngoài ra, xâm nhập mặn ở sông Ba Lai rất có thể ảnh hưởng đến thủy sinh vật, nhất là nhóm tuyến trùng, vốn đang dẫn thích nghi với hệ sinh thái nước ngọt. Tran và cộng sự ghi nhận QXTT sông Ba Lai có mật độ và đa dạng sinh học cao²¹; tuy nhiên các thông tin về hình thái, sinh khối, và hô hấp của QXTT ở khu vực này vẫn chưa được cung cấp đầy đủ.

Như vậy, ngoài những đặc điểm về mật độ, đa dạng sinh học, kiểu dinh dưỡng, khả năng chống chịu thì các đặc điểm khác của QXTT như hình thái, sinh khối, và hô hấp rất có tiềm năng được sử dụng làm chỉ thị sinh học. Do đó, nghiên cứu được thực hiện nhằm bước đầu đánh giá hình thái, sinh khối, và hô hấp của QXTT sông Ba Lai, cũng như tương quan giữa các đặc điểm này với yếu tố môi trường, cụ thể là độ mặn.

VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

Địa điểm và thời gian khảo sát

Sông Ba Lai có chiều dài khoảng 70 km chảy từ xã Tân Phú (huyện Châu Thành, tỉnh Bến Tre) ra biển Đông. Trước kia, sông sâu và rộng, nhưng từ những thập kỷ đầu của thế kỷ XX, do phù sa sông Cửu Long bồi đắp ngày càng nhiều ở phía cồn Dơi (vàm Ba Lai đến xã Thành Triệu, huyện Châu Thành) nên dòng sông cạn dần, và ngày nay, đoạn trên sông Ba Lai tách hẳn ra khỏi sông Mỹ Tho. Từ xã Tân Lợi đến xã Thành Triệu (dài 17 km) dòng sông cạn và hẹp. Từ kênh An Hóa đi về phía biển, lòng sông được mở rộng từ 200–300 m, độ sâu từ 3–5 m²². Lưu lượng của sông vào mùa khô khoảng 50–60 m³/s, mùa mưa khoảng 250–300 m³/s²³. Năm 2002, cống đập Ba Lai được

khánh thành nhằm mục đích bảo vệ vùng đất phần trung và thượng nguồn sông không bị xâm nhập mặn. Quần xã tuyến trùng sống tự do được thu thập trong tháng 09 năm 2015, tương ứng với mùa mưa ở miền Nam Việt Nam, theo trình tự từ cửa sông đến thượng nguồn tại tám vị trí (ký hiệu từ B1 đến B8), vị trí B1 đến B3 hướng về hạ nguồn đập Ba Lai, B4 đến B8 hướng về thượng nguồn đập (Hình 1). Ở mỗi vị trí, thu lập lại ba mẫu tuyến trùng ở vùng triều, tọa độ và địa điểm thu mẫu được thể hiện qua Bảng 1.

Phương pháp thu và xử lý mẫu tuyến trùng

Dùng ống core cắm xuống nền đáy khoảng 15 cm và thu toàn bộ mẫu trầm tích lớp mặt ở độ sâu 10 cm. Sau đó mẫu trầm tích được cố định bằng dung dịch formaldehyde 7%, nóng 60°C rồi chuyển về phòng thí nghiệm của Phòng Công nghệ và Quản lý Môi trường, Viện Sinh học Nhiệt đới để tiến hành xử lý và phân tích.

Gạn lọc lấy phần trầm tích từ 38 μm –1 mm bằng rây, sau đó tách lấy mẫu tuyến trùng bằng phương pháp sử dụng dung dịch Ludox–TM50 (tỉ trọng 1,18)²⁴. Nhuộm mẫu với dung dịch Rose Bengal 1% rồi sử dụng kính lúp soi nổi SZ–COUS PM 01 để xác định mật độ (cá thể.10 cm⁻²). Gấp ngẫu nhiên 200 cá thể tuyến trùng (mẫu nào dưới 200 thì gấp toàn bộ) để xử lý lên tiêu bản theo phương pháp của De Grisse²⁵. Định danh đến cấp độ giống (genus) theo các khóa phân loại của Platt và Warwick^{26,27}, Warwick và cộng sự²⁸, Zullini²⁹, và Nguyễn Vũ Thanh³⁰. Ngoài ra, tham khảo thêm cơ sở dữ liệu tuyến trùng trực tuyến NEMYS³¹.

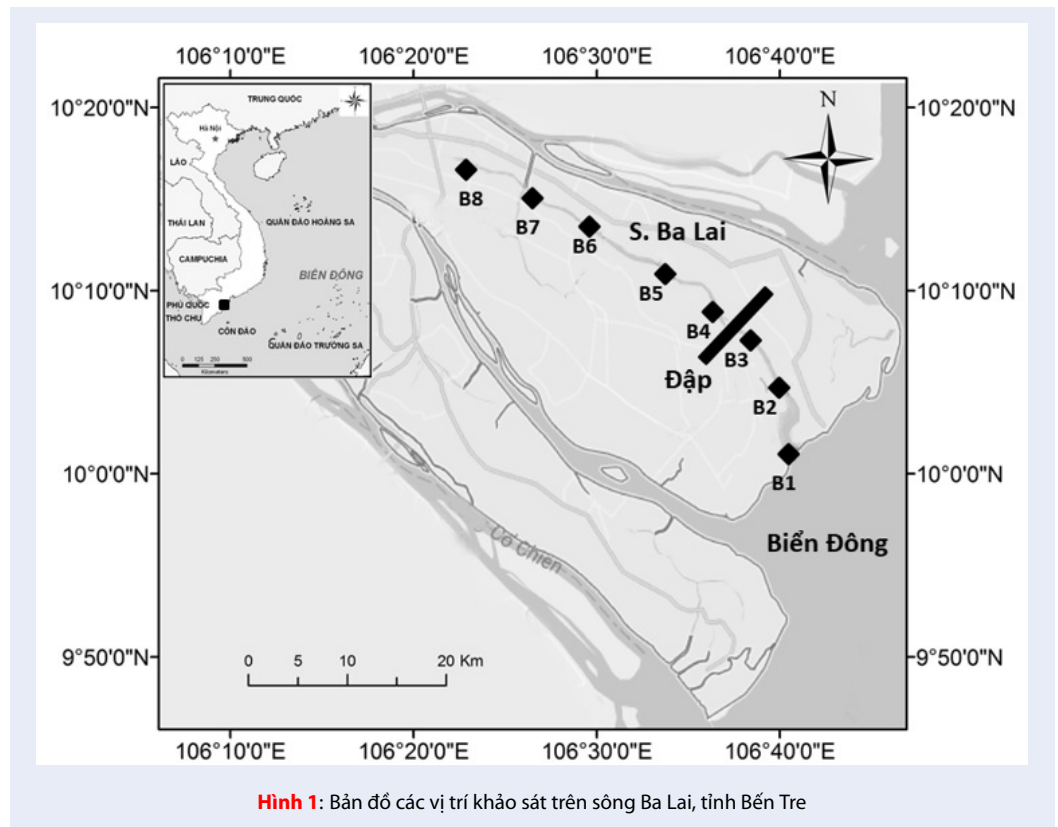
Phương pháp khảo sát các thông số môi trường

Độ mặn tầng nước mặt được đo đạt bằng máy đo đa chỉ tiêu Multiparameter Water Quality Meter Model WQC22A, nhiệt độ trầm tích được đo bằng nhiệt kế. Khảo sát các thông số môi trường diễn ra đồng thời với thu mẫu QXTT.

Phương pháp xác định hình thái, sinh khối, và hô hấp tuyến trùng

Kích thước của tuyến trùng được xác định bởi chiều dài cơ thể lớn nhất và đường kính cơ thể. Chiều dài cơ thể được đo bắt đầu từ phần đầu dọc theo trục cơ thể cho đến điểm cuối cùng của đuôi (trừ những cá thể có đuôi filiform và không đo spirinet). Đường kính được đo tại đoạn cơ thể có chiều rộng lớn nhất.

Tỷ lệ dài/rộng rất quan trọng trong xác định hình dạng tuyến trùng^{32,33}. Schratzberger và cộng sự đề xuất chia hình thái tuyến trùng thành ba nhóm, dựa vào



Bảng 1: Tọa độ và địa điểm các vị trí khảo sát trên sông Ba Lai

Vị trí	Tọa độ		Địa điểm
	Vĩ độ	Kinh độ	
B1	10° 1'52,61"N	106° 41'23,65"E	Xã Bảo Thuận, huyện Ba Tri
B2	10° 1'52,61"N	106° 41'23,65"E	Xã Bảo Thạnh, huyện Ba Tri
B3	10° 8'28,69"N	106° 37'58,45"E	Xã Tân Xuân, huyện Ba Tri
B4	10° 8'28,69"N	106° 37'58,45"E	Xã Tân Xuân, huyện Ba Tri
B5	10° 8'28,69"N	106° 37'58,45"E	Xã Châu Bình, huyện Ba Tri
B6	10° 13'28,04"N	106° 30'24,00"E	Xã Châu Hòa, huyện Ba Tri
B7	10° 15'47,23"N	106° 26'36,73"E	Xã Phong Năm, huyện Ba Tri
B8	10° 15'47,23"N	106° 26'36,73"E	Xã Phước Thạnh, huyện Ba Tri

tỷ lệ dài/rộng: ngắn-to (stout) (tỷ lệ dài/rộng < 18), mảnh khảnh (slender) (18 ≤ dài/rộng < 72), dài-nhỏ (long-thin) (dài/rộng ≥ 72)³³.

Từ số liệu chiều dài (D, μm) và chiều rộng (R, μm), thể tích sinh học (V, nanô lít-nl) của tuyến trùng được xác định theo Warwick và Price¹⁵:

$$V = 530 * D * R^2$$

$$\text{Sinh khối ướt (SKU, } \mu\text{g)} = 1,13 * V^{34}$$

$$\text{Sinh khối carbon (SKC, } \mu\text{gC)} = \text{SKU} * 0,125^{35}$$

$$\text{Hô hấp (HH, } \mu\text{gC.ngày}^{-1}.\text{ cá thể}^{-1}) = 0,0449 * \text{SKC}^{0,8544} * \exp[\ln(Q_{10})/10](T-20)]^{36}$$

$$\text{Mức hô hấp (MMH, nlO}_2.\text{giờ}^{-1}.\text{ cá thể}^{-1}) = \frac{\text{HH}}{\text{SKC}}^{35}$$

Lưu ý: T = nhiệt độ (°C), Q₁₀ = 2¹³, chuyển hóa 0,4 gC cần 1 lít O₂³⁷

Phân tích số liệu

Sử dụng phương pháp Spearman để đánh giá tương quan giữa độ mặn và các đặc điểm QXTT như: hình

thái, sinh khối, và hô hấp. Phương trình hồi quy được thiết lập để mô tả mối liên hệ giữa môi trường (biến độc lập) và tuyển trùng (biến phụ thuộc). Lựa chọn mô hình theo hai tiêu chí (i) giá trị R^2 cao nhất và (ii) mô hình có ý nghĩa thống kê (p -model $< 0,05$)³⁸. Các phân tích được thực hiện bằng phần mềm Statgraphics Centurion 18 ver. 18.1.12.

Số liệu về các thông số môi trường và đặc điểm của QXTT được xử lý bằng phần mềm Microsoft Excel 2019. Kiểm tra sự khác biệt thống kê các đặc điểm của QXTT (hình thái, sinh khối, và hô hấp) giữa các vị trí khảo sát bằng phân tích ANOVA một yếu tố, dữ liệu được chuyển về dạng phù hợp trước khi phân tích bằng phần mềm Statgraphics Centurion 18 ver. 18.1.12. Trong điều kiện không thỏa mãn phân tích ANOVA, phân tích phi tham số Kruskal–Wallis được sử dụng để thay thế. Kiểm tra khác biệt giữa từng cặp vị trí bằng phân tích hậu kiểm Tukey's HSD (trường hợp sử dụng ANOVA) hoặc Bonferroni (trường hợp dùng Kruskal–Wallis).

KẾT QUẢ

Độ mặn ở sông Ba Lai

Mùa mưa 2015, độ mặn ở sông Ba Lai không quá cao, dao động từ 0,03 ‰ (B8, thượng nguồn) đến 6,38 ‰ (B1, cửa sông). Dễ thấy, hạ nguồn đập có độ mặn cao hơn thượng nguồn đập ($5,00 \pm 1,37$ ‰ và $0,25 \pm 0,20$ ‰, tương ứng). Phân tích phương sai ANOVA cho thấy có sự khác biệt ý nghĩa thống kê giữa các vị trí khảo sát về độ mặn ($p = 0,001$) (Hình 2A). Ngoài ra, nhiệt độ trầm tích cũng được khảo sát. Các vị trí như B4, B2, và B1 có nhiệt độ trầm tích cao ($32,03^\circ\text{C}$; $31,70^\circ\text{C}$; $31,47^\circ\text{C}$, tương ứng), các vị trí còn lại có nhiệt độ trầm tích thấp, dao động từ $29,20^\circ\text{C}$ (B8) đến $30,30^\circ\text{C}$ (B3). Phân tích Kruskal–Wallis cho thấy có sự khác biệt ý nghĩa thống kê giữa các vị trí khảo sát về nhiệt độ trầm tích ($p < 0,001$) (Hình 2B).

Hình thái, sinh khối, và mức hô hấp của quần xã tuyển trùng

Hình thái

Chiều dài trung bình (μm) các cá thể trong QXTT dao động từ $610,36 \pm 91,24$ đến $878,39 \pm 35,15$, trong khi chiều rộng trung bình (μm) từ $14,15 \pm 0,54$ đến $20,34 \pm 0,52$ (Hình 3A, B). Tuyển trùng ở vị trí B2 có chiều dài trung bình lớn nhất, trong khi chiều rộng trung bình nhỏ nhất làm cho tỷ lệ dài/rộng trung bình quần xã tại vị trí này cao nhất. Tuyển trùng ở các vị trí trong đập như B5, B6, B7, và B8 có chiều dài trung bình khá nhỏ, ngược lại có chiều rộng lớn cho nên tỷ lệ dài/rộng của quần xã ở các vị trí này khá thấp (Hình 3C). Phân tích thống kê cho thấy chiều rộng trung bình không

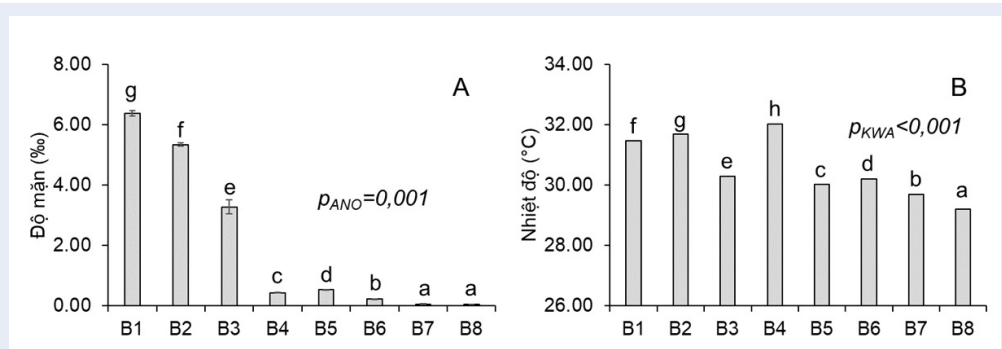
có khác biệt ý nghĩa giữa các vị trí khảo sát, ngoài ra, có sự khác biệt ý nghĩa thống kê giữa các vị trí khảo sát về chiều dài trung bình và tỷ lệ dài/rộng

Biểu đồ phân phối tần suất của chiều dài, rộng, và tỷ lệ dài/rộng trung bình được thể hiện qua Hình 4. Phần lớn cá thể trong QXTT sông Ba Lai thuộc nhóm hình dạng mảnh khảnh ($81,45\%$), tiếp theo là dài–nhỏ ($15,88\%$), và ít nhất là ngắn–to (chỉ $2,67\%$). Ở các vị trí B3, B5, B6, B7, và B8 nhóm tuyển trùng mảnh khảnh gần như chiếm ưu thế tuyệt đối trong quần xã (trên $91,04\%$). Ngược lại, nhóm tuyển trùng ngắn–to xuất hiện rất ít trong quần xã. Vị trí cửa sông B1, nhóm ngắn–to chiếm khoảng $5,65\%$, các vị trí còn lại, nhóm này chiếm tỷ lệ dưới $3,88\%$. Nhóm dài–nhỏ chiếm đến $44,27\%$ trong quần xã ở vị trí B2; ngoài ra, ở B1 và B4, nhóm này cũng chiếm tỷ lệ đáng kể, với $17,73\%$ và $17,60\%$, tương ứng (Hình 5).

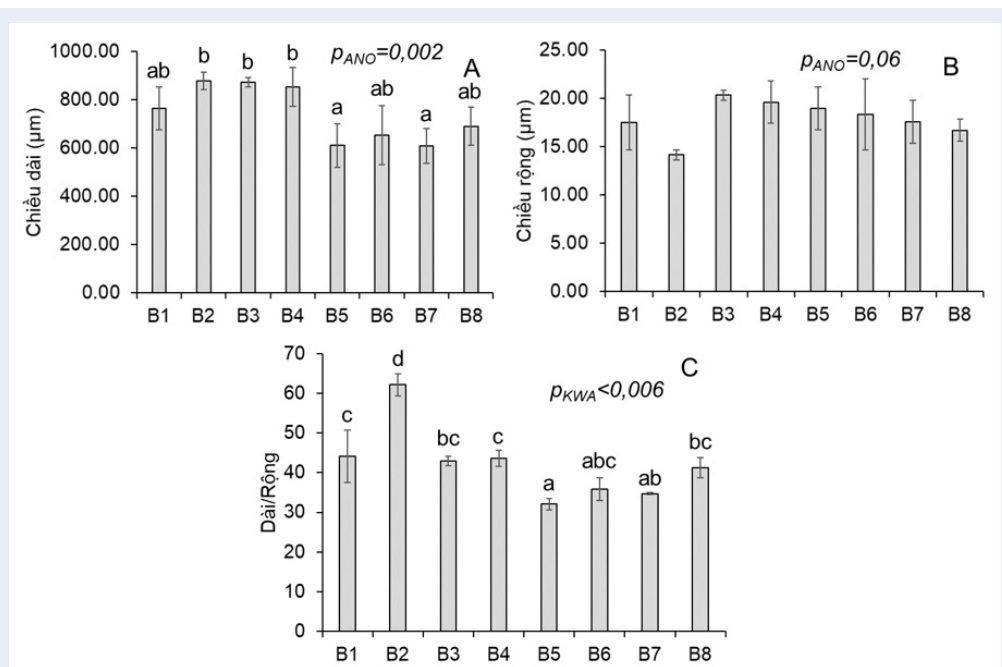
Kết quả phân tích ANOVA cho thấy tỷ lệ nhóm ngắn–to không có khác biệt ý nghĩa giữa các vị trí ($p = 0,053$). Tuy nhiên, phân tích Kruskal–Wallis ghi nhận tỷ lệ mảnh khảnh và dài–nhỏ có sự khác biệt ý nghĩa giữa các vị trí khảo sát, $p(\text{mảnh khảnh}) = 0,005$; $p(\text{dài–nhỏ}) = 0,004$, tương ứng.

Sinh khối và hô hấp

Các vị trí ngay đập Ba Lai (B3, B4) có sinh khối trung bình cá thể tuyển trùng ($\mu\text{gC.cá thể}^{-1}$) cao, tương ứng là $0,044$ và $0,037$. Ngoài ra, một số vị trí trên thượng nguồn như B8 và B6 cũng ghi nhận sinh khối trung bình cá thể cao ($0,038$ và $0,034$, tương ứng). Ngược lại, vị trí cửa sông (B1 và B2), B5, và B7 có sinh khối trung bình thấp, từ $0,020$ đến $0,032$. Nhìn chung, sinh khối trung bình cá thể biến động không theo xu hướng nào (Hình 6A). Tuy nhiên, tổng sinh khối (mgC.m^{-2}) thể hiện xu hướng khá rõ, thấp dần từ cửa sông lên thượng nguồn, ngoài đập cao hơn trong đập. Tổng sinh khối QXTT ở các vị trí cửa sông, ngoài đập Ba Lai (dao động từ $60,73 \pm 32,27$ đến $224,29 \pm 135,56$) cao hơn hẳn các vị trí thượng nguồn, trong đập (từ $1,28 \pm 0,31$ đến $10,82 \pm 6,16$). Mặc dù trong đập nhưng vị trí B4 có tổng sinh khối tuyển trùng khá cao, đạt $54,07 \pm 13,15$ (Hình 6B). Giống như sinh khối trung bình, hô hấp trung bình cá thể tuyển trùng ($\text{nlO}_2.\text{giờ}^{-1}.\text{cá thể}^{-1}$) cũng biến động không theo xu thế, dao động từ $0,32 \pm 0,11$ đến $0,67 \pm 0,06$ (Hình 6C). Tổng hô hấp ($\text{mlO}_2.\text{ngày}^{-1}.\text{m}^{-2}$) của QXTT ở các vị trí cửa sông, ngoài đập Ba Lai rất cao, từ $7,56 \pm 3,43$ đến $24,99 \pm 12,87$; ngược lại tổng hô hấp ở các vị trí thượng nguồn, trong đập khá thấp (trừ B4), từ $0,27 \pm 0,06$ đến $1,60 \pm 0,79$ (Hình 6D). Quần xã tuyển trùng ở vị trí thượng nguồn (B8) có mức hô hấp ($\text{nlO}_2.\text{giờ}^{-1}.\mu\text{gC}^{-1}$) thấp, khoảng $14,35$



Hình 2: Độ mặn (A) và nhiệt độ trầm tích (B) ở sông Ba Lai. Phân tích thống kê: p_{ANO} : p -value của phân tích ANOVA, p_{KWA} : p -value của phân tích Kruskal–Wallis. Phân tích hậu kiểm: cùng ký tự thì không khác biệt ý nghĩa thống kê



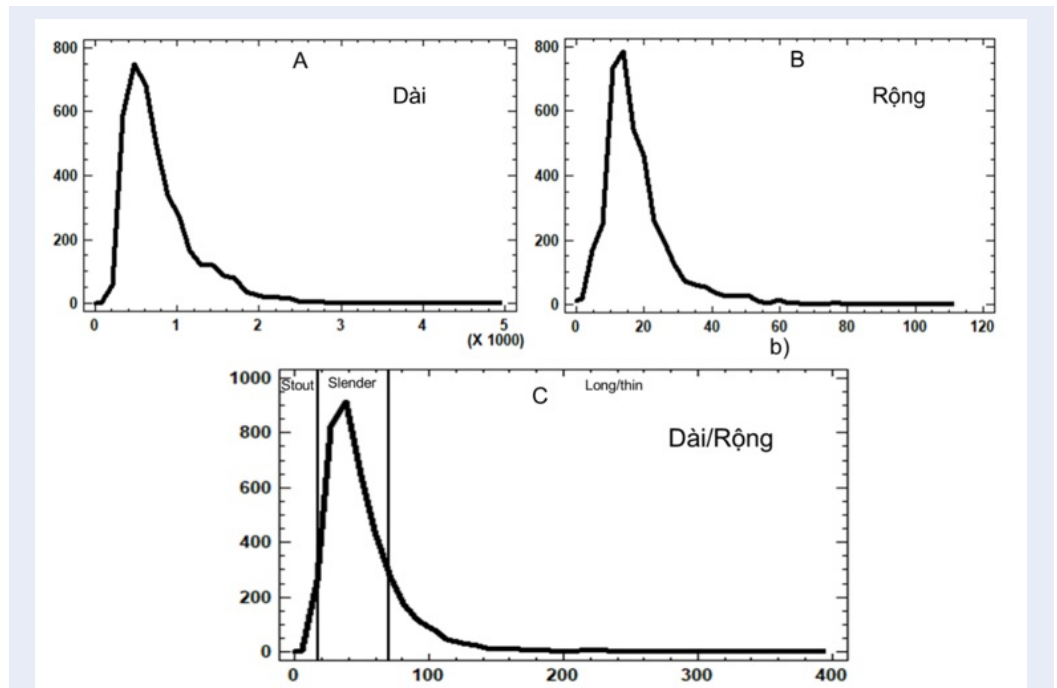
Hình 3: Chiều dài trung bình (A), chiều rộng trung bình (B), và tỷ lệ dài/rộng của quần xã tuyến trùng sông Ba Lai. Phân tích thống kê: p_{ANO} : p -value của phân tích ANOVA, p_{KWA} : p -value của phân tích Kruskal–Wallis. Phân tích hậu kiểm: cùng ký tự thì không khác biệt ý nghĩa thống kê

$\pm 0,86$. QXTT ở các vị trí còn lại có mức hô hấp cao, dao động không đáng kể, từ $15,01 \pm 0,24$ đến $17,72 \pm 0,13$ (Hình 6E).

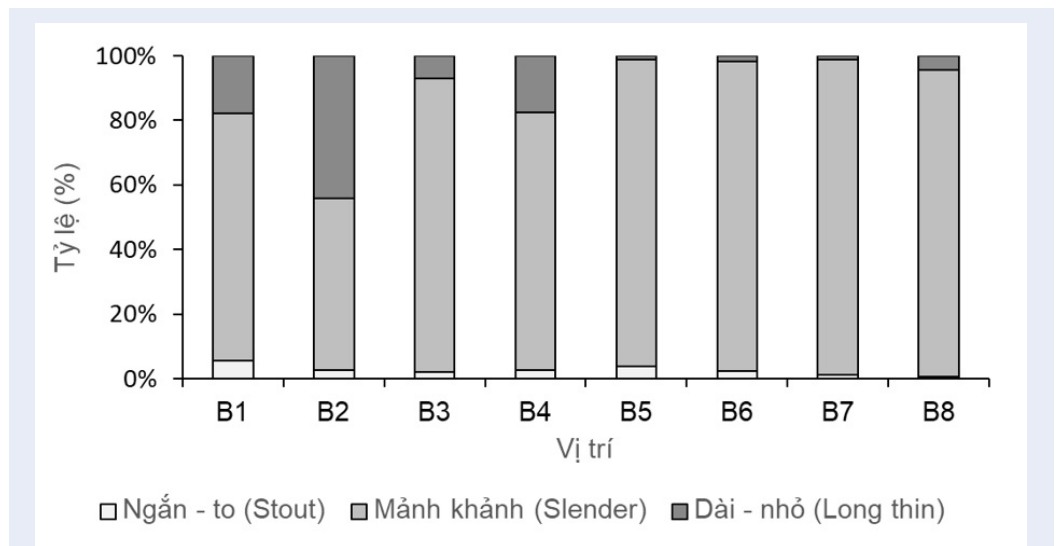
Phân tích thống kê cho thấy sinh khối trung bình và hô hấp trung bình không có khác biệt ý nghĩa giữa các vị trí khảo sát, ngoài ra, có sự khác biệt ý nghĩa thống kê giữa các vị trí khảo sát về tổng sinh khối, tổng hô hấp, và mức hô hấp (Hình 6).

Tương quan giữa đặc điểm hình thái, sinh khối, và mức hô hấp của quần xã tuyến trùng và độ mặn sông Ba Lai

Kết quả phân tích tương quan Spearman ($n = 24$) giữa độ mặn và đặc điểm QXTT cho thấy chỉ có chiều dài, tỷ lệ dài/rộng, tỷ lệ ba nhóm hình thái, tổng sinh khối, tổng hô hấp, và mức hô hấp là có tương quan với độ mặn. Cụ thể, chiều dài ($r = 0,52$; $p = 0,01$), tỷ lệ dài/rộng ($r = 0,47$; $p = 0,02$), tỷ lệ ngắn-to ($r = 0,57$; $p = 0,006$) và dài-nhỏ ($r = 0,61$; $p = 0,004$) tương quan



Hình 4: Phân phối tần suất của chiều dài (A), rộng (B), và tỷ lệ dài/rộng (C) của quần xã tuyến trùng sông Ba Lai



Hình 5: Tỷ lệ (%) các nhóm hình dạng tuyến trùng

thuận với độ mặn. Tỷ lệ nhóm mảnh khảnh tương quan nghịch với độ mặn, cụ thể $r = -0,70$ và $p = 0,0007$. Ngoài ra, kết quả phân tích cũng ghi nhận độ mặn cũng tương quan thuận với tổng sinh khối ($r = 0,74$; $p = 0,0004$), tổng hô hấp ($r = 0,73$; $p = 0,0005$), và mức hô hấp ($r = 0,46$; $p = 0,03$). Nghiên cứu tìm ra phương trình hồi quy mô tả tốt nhất sự tương quan giữa đặc điểm hình thái, sinh khối, và mức hô hấp của quần xã tuyến trùng và độ mặn (Bảng 2). Biểu đồ minh họa các mô hình hồi quy được thể hiện trong Hình 7.

THẢO LUẬN

So sánh hình thái, sinh khối, và hô hấp của tuyến trùng sông Ba Lai với các nghiên cứu khác

Nghiên cứu cho thấy chiều dài tuyến trùng ở sông Ba Lai có sự dao động khá lớn, chủ yếu từ $100 \mu\text{m}$ đến dưới $3000 \mu\text{m}$, một số ít cá thể có chiều dài hơn $3000 \mu\text{m}$. Khoảng dao động chiều dài tuyến trùng sông Ba Lai giống nghiên cứu của Ngo và cộng sự ở các cửa sông Mê Kông, nơi có chiều dài tuyến trùng chủ yếu cũng từ $100\text{--}3000 \mu\text{m}$ ¹⁴, Romeyn và Bouwman nghiên cứu ở cửa sông Ems–Dollard (Anh), chiều dài tuyến trùng từ $500\text{--}5000 \mu\text{m}$ ³⁹. Ngoài ra, chiều dài tuyến trùng ở vùng biển nước sâu tối đa khoảng $5000 \mu\text{m}$ ^{32,40}. Chiều dài trung bình của QXTT ở đầm Bizerte (Tunisia), từ $995,10\text{--}2189,92 \mu\text{m}$ ¹⁶, lớn hơn nhiều so với QXTT ở sông Ba Lai (chỉ từ $609,32\text{--}878,39 \mu\text{m}$).

Chiều rộng tuyến trùng sông Ba Lai dao động chủ yếu từ $5\text{--}60 \mu\text{m}$. Chiều rộng tuyến trùng dao động khá lớn khi so sánh với nghiên cứu của Tita và cộng sự ở cửa sông St Lawrence (Canada), chiều rộng tuyến trùng chỉ từ $22,6\text{--}32 \mu\text{m}$ ¹². Tuy nhiên, khoảng dao động chiều rộng tuyến trùng sông Ba Lai giống nghiên cứu của Ngo và cộng sự ở các cửa sông Mê Kông, chiều rộng chủ yếu cũng từ $5\text{--}70 \mu\text{m}$ ¹⁴. Chiều rộng trung bình của QXTT ở sông Ba Lai, từ $14,15\text{--}19,63 \mu\text{m}$, nhỏ hơn nhiều so với QXTT ở đầm Bizerte (Tunisia) ($36,39\text{--}65,76 \mu\text{m}$)¹⁶.

Phần lớn cá thể trong QXTT sông Ba Lai thuộc nhóm hình dạng mảnh khảnh, tiếp theo là dài–nhỏ, và ít nhất là ngắn–to. Tỷ lệ các nhóm hình dạng tuyến trùng sông Ba Lai giống với tỷ lệ hình dạng tuyến trùng ở Biển Bắc, nhóm mảnh khảnh vẫn chiếm ưu thế (82%), sau đó là dài–nhỏ (12%), ngắn–to (6%)³³. Nhóm mảnh khảnh vẫn chiếm ưu thế trong QXTT ở các cửa sông Mê Kông (80,2%); tuy nhiên, tỷ lệ nhóm ngắn–to cao hơn so với nghiên cứu này (16,2% so với 2,67%), ngược lại nhóm dài–nhỏ chiếm tỷ lệ rất ít so với sông Ba Lai (3,6% so với 15,88%)¹⁴. Tác giả Ngo và cộng sự nghiên cứu QXTT ở tám cửa sông Mê Kông

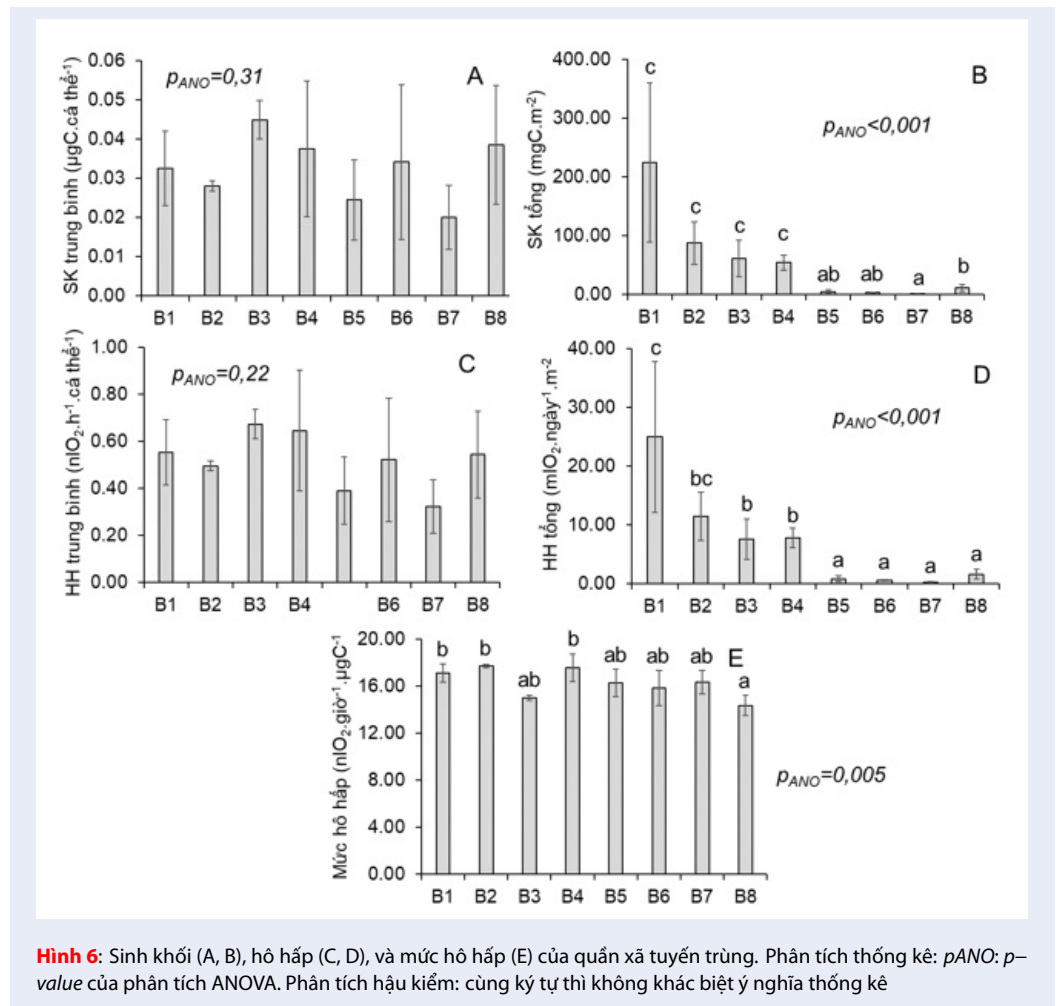
(không gian: “cửa sông–cửa sông”)¹⁴, nghiên cứu này theo trục dọc sông Ba Lai (không gian: “thượng nguồn– hạ nguồn”); dù khác không gian nghiên cứu nhưng nhìn chung khoảng dao động trong chiều dài, rộng, hình dạng trong hai nghiên cứu không có quá nhiều khác biệt.

Sinh khối trung bình của QXTT sông Ba Lai khá thấp khi so với các nghiên cứu ở cửa sông Mê Kông, đầm Bizerte (Tunisia), Tây Bắc Đại Tây Dương, cửa Oosterschelde (Hà Lan). QXTT ở sông Ba Lai có tổng sinh khối cao hơn so với Cửa Swartskop (Nam Phi), Tây Bắc Đại Tây Dương, cửa Western Scheldt (Hà Lan), và trung tâm Bắc Băng Dương; tuy nhiên, thấp hơn QXTT ở đầm Bizerte, cửa sông Mê Kông, cửa St Lawrence (Canada), cửa Oosterschelde (Hà Lan). Thực tế cho thấy, các đặc điểm của QXTT về hô hấp và chuyển hóa năng lượng vẫn còn ít được quan tâm nghiên cứu¹⁶. Hô hấp trung bình, tổng hô hấp, và mức hô hấp của QXTT sông Ba Lai thấp hơn nghiên cứu của Boufahja và cộng sự tại đầm Bizerte (Tunisia)¹⁶, Warwick và Price tại cửa Lynher (Anh)¹⁵, và Tita và cộng sự ở cửa St Lawrence (Canada)¹² (Bảng 3). Xét về mặt tổng thể, QXTT sông Ba Lai có mức sinh khối, hô hấp trao đổi chất thấp hơn khi so sánh với các khu vực khác.

Chức năng của hệ sinh thái nền đáy được đảm bảo bằng các chu trình chuyển hóa vật chất–năng lượng thông qua sự tương tác giữa yếu tố vô sinh và hữu sinh của bề mặt trầm tích⁴¹. Mức hô hấp của sinh vật đáy đại diện cho khả năng hấp thu vật chất của chúng, từ đây cung cấp năng lượng cho mọi hoạt động sống⁴¹. Tuyến trùng chiếm ưu thế về mật độ, đa dạng, và sinh khối trong nhóm động vật đáy không xương sống cỡ trung bình^{17,18}, cho nên rất có thể tuyến trùng cũng đóng vai trò quan trọng trong chu trình chuyển hóa vật chất–năng lượng của hệ sinh thái nền đáy. Tuy nhiên, cho đến nay, có rất ít nghiên cứu đánh giá mức hô hấp cũng như hiệu suất trao đổi chất của tuyến trùng nói riêng và cả nhóm động vật đáy không xương sống cỡ trung bình nói chung. Từ đây, thông tin so sánh hiệu suất chuyển hóa vật chất thành năng lượng của QXTT ở các hệ sinh thái cũng như các kiểu khí hậu cũng rất ít được đề cập. QXTT có vị trí quan trọng trong lưới thức ăn thủy vực⁸, đánh giá được khả năng trao đổi chất của tuyến trùng giúp các nhà sinh thái hiểu được sự di chuyển và hiệu quả chuyển hóa của dòng năng lượng trong hệ sinh thái thủy vực, nhất là hệ sinh thái nền đáy.

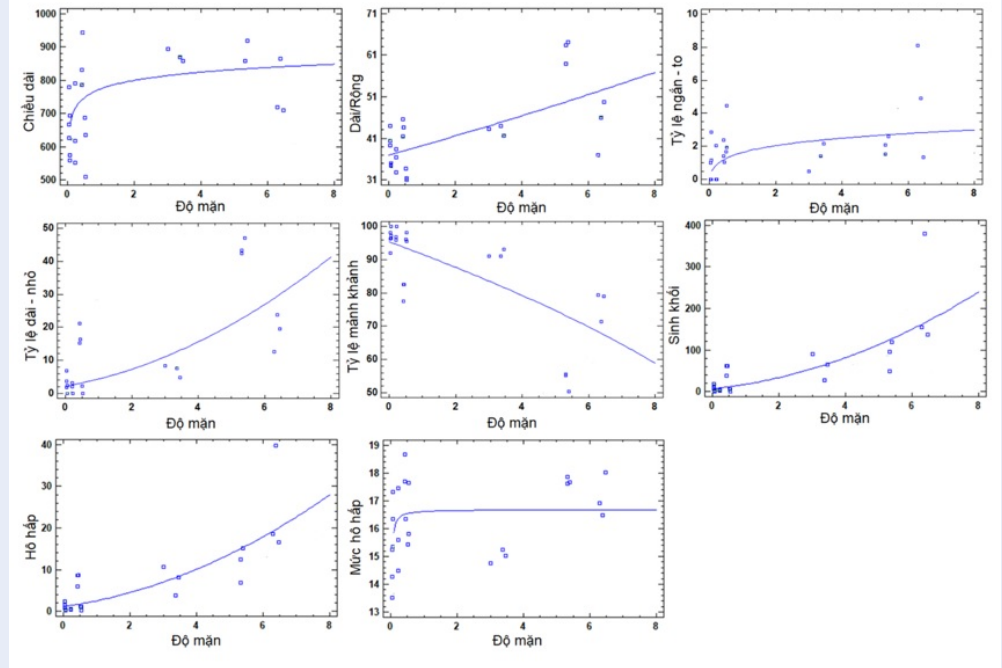
Hình thái, sinh khối, và hô hấp của tuyến trùng chịu sự chi phối của các yếu tố môi trường

Độ mặn



Bảng 2: Mô hình hồi quy giữa đặc điểm hình thái, sinh khối, và mức hô hấp của quần xã tuyến trùng và độ mặn sông Ba Lai

Thông số	Mô hình	R ²	F	p
Mặn & Dài	Dài = $\sqrt{599346 + 57625,9 \cdot \ln(\text{Mặn})}$	34,45	11,56	0,002
Mặn & Dài/Rộng	Dài/Rộng = $(6,08 + 0,18 \cdot \text{Mặn})^2$	44,37	17,04	0,0004
Mặn & Ngắn-to (%)	Ngắn-to (%) = $(1,28 + 0,22 \cdot \ln(\text{Mặn}))^2$	33,08	10,87	0,003
Mặn & Mảnh khảnh (%)	Mảnh khảnh (%) = $\sqrt{9089,81 - 703,33 \cdot \text{Mặn}}$	57,54	29,81	<0,0001
Mặn & Dài-nhỏ (%)	Dài-nhỏ (%) = $(1,46 + 0,62 \cdot \text{Mặn})^2$	51,60	23,46	0,0001
Mặn & Tổng sinh khối	Tổng sinh khối = $(2,55 + 1,61 \cdot \text{Mặn})^2$	71,13	54,21	<0,0001
Mặn & Tổng hô hấp	Tổng hô hấp = $(1,06 + 0,53 \cdot \text{Mặn})^2$	71,08	54,08	<0,0001
Mặn & Mức hô hấp	Mức hô hấp = $1/(0,06 + 0,0003/\text{Mặn})$	27,13	8,19	0,009



Hình 7: Biểu đồ thể hiện mô hình hồi quy giữa đặc điểm hình thái, sinh khối, và mức hô hấp của quần xã tuyến trùng

Tác giả Remane và Schlieper⁴⁷ cho rằng ở nước lợ sinh vật có sinh khối thấp hơn nước mặn. Tuy nhiên, trong nghiên cứu này không ghi nhận sự khác biệt về sinh khối trung bình cá thể của tuyến trùng ở hệ sinh thái lợ–mặn khi so với nước ngọt. Nguyên nhân có thể do dao động độ mặn ở sông Ba Lai vào mùa mưa không quá lớn, chỉ từ 0,25 đến 5 ‰. Thật vậy, ở cửa sông Taimar, nơi có độ mặn dao động cao từ 0,1 đến 25,2 ‰, nhận thấy mật độ tuyến trùng tỷ lệ thuận với độ mặn. Trong khi ở cửa sông Forth, nơi có độ mặn dao động thấp từ 0,7 đến 7 ‰, không ghi nhận xu hướng biến động mật độ tuyến trùng⁴⁸. Khác với sinh khối trung bình, tổng sinh khối trong nghiên cứu này ghi nhận tỷ lệ thuận với độ mặn, tổng sinh khối trong đập (nơi có độ mặn thấp) thấp hơn rất nhiều so với ngoài đập (nơi có độ mặn cao). Nguyên nhân do mật độ tuyến trùng tăng khi độ mặn tăng^{48,49}. Khi mật độ tăng sẽ dẫn đến tổng sinh khối tuyến trùng lớn. Không chỉ mật độ, độ mặn còn là nhân tố chi phối đa dạng sinh học tuyến trùng⁹. Tác giả Nguyen và cộng sự⁵⁰ chỉ ra rằng xâm nhập mặn ở đồng bằng sông Cửu Long làm giảm đa dạng sinh học, chỉ số sinh trưởng MI (Maturity Index) và ảnh hưởng đến các nhóm sinh thái tuyến trùng. Hiểu được tác động tổng hợp của độ mặn lên nhiều đặc điểm của QXTT nói riêng và thủy sinh vật nói chung, giúp các nhà khoa học đánh giá được ảnh hưởng của biến đổi khí hậu và nước biển

dâng, vốn gây tăng độ mặn ở các thủy vực, lên cấu trúc quần xã thủy sinh vật⁵¹.

Các yếu tố khác

- Nồng độ oxy

Tác giả Soetaert và cộng sự³² cho rằng tuyến trùng thường dài hơn khi sống ở độ sâu trầm tích lớn. Chiều dài lớn giúp tuyến trùng tăng khả năng di động, chúng sẽ liên tục di chuyển đến nơi có nồng độ oxy lớn để tồn tại. Ngoài ra, ở điều kiện thiếu oxygen, tuyến trùng cũng trở nên to hơn, điều này giúp tăng khả năng đào hang của tuyến trùng giúp lưu thông và tăng lượng oxy trong trầm tích^{52,53}.

- Dinh dưỡng

Khi tỷ lệ dài/rộng lớn giúp tuyến trùng tăng khả năng hấp thụ các chất hữu cơ hòa tan⁵⁴. Thật vậy, chiều dài lớn làm cho hệ thống tiêu hóa của tuyến trùng dài hơn, giúp tăng hiệu quả hấp thụ các chất dinh dưỡng³². Chiều dài và tỷ lệ dài/rộng có tương quan thuận với tổng chất rắn lơ lửng trong nước mặn, nồng độ NO_3^- và NO_2^- trong trầm tích¹⁴, có nghĩa là khi các yếu tố này tăng, tuyến trùng sẽ trở nên gầy hoặc/và dài hơn. Tác giả Nguyen và cộng sự ghi nhận khu vực đập Ba Lai (B3, B4) tích lũy lượng lớn các vật chất hữu cơ⁵⁵. Các vật chất này chính là nguồn thức ăn cho tuyến trùng, điều này giải thích tại sao tuyến trùng ở 2 vị trí này có chiều dài và sinh khối trung bình lớn. Ngoài ra, hô hấp trung bình ở các vị trí này cũng lớn vì

Bảng 3: So sánh đặc điểm sinh khối, và hô hấp của tuyến trùng sông Ba Lai với các nghiên cứu khác

Khu vực	Khí hậu	SKTB	SK	HHTB	HH	MHH	Tham khảo
Sông Ba Lai, Việt Nam	Nhiệt đới	0,02– 0,045	1,28– 224,29	0,32– 0,67	0,27– 24,99	14,35– 17,72	Nghiên cứu này
Đầm Bizerte, Tunisia	Cận nhiệt đới	0,14– 1,05	29,40– 829,29	1,15– 2,62	3,18– 43,18	1,49– 32,36	16
Cửa sông Mê Kông	Nhiệt đới	0,041– 0,167	9,08– 706,3	-	-	-	14
Tây Bắc Đại Tây Dương	Nhiệt đới	0,038– 0,205	-	-	-	-	32
Cửa Swartskop, Nam Phi	Nhiệt đới	-	0,1– 0,4	-	-	-	42
Tây Bắc Đại Tây Dương	Nhiệt đới	-	2,13– 13,54	-	-	-	43
Cửa Western Scheldt, Hà Lan	Ôn đới	-	0,03– 4,58	-	-	-	44
Cửa St Lawrence, Canada	Ôn đới	-	96– 248	-	-	-	12
Cửa Oosterschelde, Hà Lan	Ôn đới	0,38–0,46	49– 7044	-	-	-	45
Cửa Lynher (Anh)	Ôn đới	-	-	0,39– 3,27	-	-	15
Cửa St Lawrence, Canada	Ôn đới	-	-	1,12– 2,26	-	-	12
Trung tâm Bắc Băng Dương	Hàn đới	-	1– 48	-	-	-	46

SKTB: Sinh khối trung bình ($\mu\text{gC.cá thể}^{-1}$); SK: Tổng sinh khối (mgC.m^{-2}); HHTB: Hô hấp trung bình ($\text{nlO}_2.\text{giờ}^{-1}.\text{ cá thể}^{-1}$); HH: Tổng hô hấp ($\text{mlO}_2.\text{ngày}^{-1}.\text{m}^{-2}$); MHH: Mức hô hấp ($\text{nlO}_2.\text{giờ}^{-1}.\mu\text{gC}^{-1}$).

tuyến trùng cần nhiều oxy để tiêu thụ lượng lớn thức ăn ở đây.

- Thành phần trầm tích

Fleeger và cộng sự⁵⁶ cho rằng hình thái tuyến trùng còn chịu ảnh hưởng từ thành phần các hạt trầm tích. Khi ở trầm tích nhiều bùn, tuyến trùng thường có chiều dài và rộng lớn, khi ở trầm tích giàu cát thì ngược lại. Ngo và cộng sự cho rằng các cá thể tuyến trùng ngoài cửa sông có chiều dài lớn hơn các vị trí bên trong đất liền, nguyên nhân do trầm tích cửa sông có tỷ lệ hạt cát cao, trong khi các điểm trong đất liền có tỷ lệ bùn cao¹⁴. Thực vậy, nếu tỷ lệ bùn tăng lên sẽ làm tăng nhóm tuyến trùng dạng ngắn - to và giảm tuyến trùng mảnh khảnh. Các tác giả Heip và cộng sự⁹ và Soetaert và cộng sự⁴⁰ cũng cho rằng tuyến trùng ở nền đáy nhiều cát sẽ có kích thước lớn. Nền đáy có kích thước hạt lớn thường có nhóm tuyến trùng ăn thịt có kích thước lớn chiếm ưu thế¹⁵. Tita và cộng sự

nghiên cứu QXTT vùng triều ở cửa sông St. Lawrence (Canada) cho thấy sinh khối trung bình ở nền đáy nhiều cát nhỏ hơn nền đáy nhiều bùn¹². Ngược lại, nền đáy có tỷ lệ cát cao có sinh khối trung bình cao nhưng sinh khối tổng nhỏ hơn khi so với nền đáy nhiều bùn, điều này thể hiện ở QXTT cửa sông Mê Kông¹⁴.

- Thiên địch

Tuyến trùng có hình dạng dài mảnh thường trốn chạy nhanh hơn khi gặp kẻ thù khi so với nhóm ngắn-to, vốn di động kém hơn. Tuy nhiên, khi bị tấn công vào đuôi hay bên thân, tuyến trùng dạng ngắn-to dễ trốn thoát hơn tuyến trùng dài mảnh. Ngoài ra, loài ăn thịt phải có khoang miệng rộng để tấn công tuyến trùng dạng ngắn-to, có nghĩa là chúng sẽ sống sót hơn khi gặp kẻ thù⁵⁷.

- Kim loại nặng

Hô hấp và trao đổi chất của QXTT chịu ảnh hưởng từ các kim loại nặng trong trầm tích (ví dụ Fe, Ni, và Mn), chúng làm giảm mức hô hấp của QXTT¹⁶. Thực vậy, tuyến trùng rất dễ tích lũy kim loại nặng, từ đây làm suy giảm khả năng hô hấp của chúng⁵⁶. Nhìn chung, các chất có khả năng gây độc cho sinh thái (Potentially Toxic Elements, thí dụ kim loại nặng) làm ức chế mức trao đổi chất và chuyển hóa năng lượng của QXTT.

Kết quả từ nghiên cứu này ghi nhận thêm ảnh hưởng của độ mặn lên hình thái, sinh khối, hô hấp của QXTT. Nhìn chung, chiều dài, tỷ lệ dài/rộng, tổng sinh khối, tổng hô hấp, và mức hô hấp là có tương quan thuận với độ mặn. Cho đến nay, các đặc điểm của tuyến trùng như hình thái, khả năng trao đổi chất và chuyển hóa năng lượng còn ít được quan tâm nghiên cứu^{12,13}. Các nghiên cứu đã ghi nhận các đặc điểm hình thái, sinh khối, hô hấp của tuyến trùng nhạy cảm với sự thay đổi trong điều kiện môi trường về độ mặn, tỷ lệ hạt trầm tích, oxygen hòa tan, tổng chất rắn lơ lửng, dinh dưỡng, kim loại nặng... nên có thể được xem xét làm chỉ thị sinh học. Ở Việt Nam, Ngo và cộng sự đã chứng minh cấu trúc QXTT là công cụ tốt làm chỉ thị sinh học⁵⁸. Nghiên cứu trong tương lai cần: (i) Ngoài đặc điểm quần xã truyền thống, cần đánh giá thêm các đặc điểm như hình thái, trao đổi chất; (ii) Xem xét tính nhạy cảm của đặc điểm như hình thái, trao đổi chất với đa dạng các thông số môi trường. Đây là cơ sở vững chắc để từng bước đưa thêm các đặc tính chỉ thị mới của QXTT vào giám sát sinh học thủy vực.

KẾT LUẬN

Quần xã tuyến trùng sông Ba Lai có kích thước cá thể nhỏ do đó sinh khối và hô hấp thấp hơn so với khu vực khác. Nghiên cứu bước đầu đánh giá các đặc điểm hình thái, sinh khối, hô hấp của tuyến trùng và ghi nhận các đặc điểm này nhạy cảm với sự thay đổi độ mặn. Nghiên cứu trong tương lai cần đánh giá thêm các đặc điểm như hình thái, trao đổi chất bên cạnh các đặc điểm quần xã truyền thống, và xem xét tương quan giữa chúng với môi trường. Đặc điểm hình thái, sinh khối, và trao đổi chất của quần xã tuyến trùng có tiềm năng sử dụng làm chỉ thị sinh học.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu được tài trợ bởi Viện Sinh học Nhiệt đới (Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam) và Quỹ nghiên cứu của Hội đồng Phát triển Đại học (VLIR-UOS), Vương quốc Bỉ.

DANH MỤC TỪ VIẾT TẮT

Analysis of variance ANOVA

Chiều dài tuyến trùng D
Chiều rộng tuyến trùng R
Hô hấp trung bình HHTB
Mức hô hấp MHH
Quần xã tuyến trùng sống tự do QXTT
Sinh khối carbon tuyến trùng SKC
Sinh khối trung bình SKTB
Sinh khối ướt tuyến trùng SKU
Tổng hô hấp hô hấp HH
Tổng sinh khối SK
Tukey's HSD Tukey's Honestly Significant Difference
Thế tích sinh học tuyến trùng V

XUNG ĐỘT LỢI ÍCH

Các tác giả cam đoan rằng họ không có xung đột lợi ích.

ĐÓNG GÓP TÁC GIẢ

Nghiên cứu này được thiết kế bởi Trần Thành Thái và Ngô Xuân Quảng.

Trần Thành Thái phân tích số liệu và hoàn thiện bản thảo.

Nguyễn Thị Mỹ Yến, Phạm Ngọc Hoài hỗ trợ phân tích mẫu và cùng tác giả chính viết phần thảo luận.

Lâm Văn Tần tổng hợp tài liệu để viết phần Tổng quan.

Tất cả tác giả tham gia thảo luận, góp ý và chỉnh sửa hoàn thiện bản thảo.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Maggenti AR, Nickle WR. General nematode morphology. Manual of Agricultural Nematology, Marcel Dekker, New York, 1-46. 1991;
2. Châu NN. Tuyến trùng ký sinh thực vật và cơ sở phòng trừ. NXB KH và KT; 2003. 298 trang.
3. May RM. How many species are there on earth?. Science. 1988;241(4872):1441-1449; PMID: 17790039. Available from: <https://doi.org/10.1126/science.241.4872.1441>.
4. Platt HM, Shaw KM, Lamshead PJD. Nematode species abundance patterns and their use in the detection of environmental perturbations. Hydrobiologia. 1984;118(1), 59-66; Available from: <https://doi.org/10.1007/BF00031788>.
5. Yeates GW, Ferris H, Moens T, Van der Putten WH. The role of nematodes in ecosystems. In: Wilson MJ, Khakouli-Duarte T, editors. Nematodes as environmental indicators. CAB; 2009; Available from: <https://doi.org/10.1079/9781845933852.0001>.
6. Weber S, Traunspurger W. Top-down control of a meiobenthic community by two juvenile freshwater fish species. Aquatic Ecology. 2014;48(4):465-480; Available from: <https://doi.org/10.1007/s10452-014-9498-8>.
7. Steel H, Buchan D, De Neve S, Couvreur M, Moens T, Bert W. Nematode and microbial communities in a rapidly changing compost environment: How nematode assemblages reflect composting phases. European Journal of Soil Biology. 2013;56:1-10; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2013.01.003>.
8. Majdi N, Traunspurger W. Free-living nematodes in the freshwater food web: a review. Journal of Nematology. 2015;47(1):28-44; Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4388577/>.

9. Heip C, Vincx M, Vranken G. The ecology of marine nematodes. *Oceanography and Marine Biology - An Annual Review*. 1985;23:399-489;.
10. Bongers T, Alkemade R, Yeates GW. Interpretation of disturbance-induced maturity decrease in marine nematode assemblages by means of the Maturity Index. *Marine Ecology Progress Series*. 1991;76(2):135-142; Available from: <https://www.jstor.org/stable/24825556>.
11. Moreno M, Semprucci F, Vezzulli L, Balsamo M, Fabiano M, Albertelli G. The use of nematodes in assessing ecological quality status in the Mediterranean coastal ecosystems. *Ecological Indicators*. 2011;11(2):328-336; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2010.05.011>.
12. Tita G, Desrosiers G, Vincx M. Size spectra, body width and morphotypes of intertidal nematodes: an ecological interpretation. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 1999;79:1007-1015;.
13. Heip C, Duineveld G, Flach E, Graf G, Helder W, Herman P, Lavaleye M, Middelburg J, Pfannkuche O, Soetaert K, Soltwedel T, De Stigter H, Thomsen L, Vanaverbeke J, De Wilde P. The role of the benthic biota in sedimentary metabolism and sediment-water exchange processes in the Goban Spur area (NE Atlantic). *Deep-Sea Research Part II*. 2001;48:3223-3243; Available from: [https://doi.org/10.1016/S0967-0645\(01\)00038-8](https://doi.org/10.1016/S0967-0645(01)00038-8).
14. Ngo XQ, Nguyen Ngoc C, Vanreusel A. Nematode morphometry and biomass patterns in relation to community characteristics and environmental variables in the Mekong Delta, Vietnam. *Raffles Bulletin of Zoology*. 2014;62:501-512;.
15. Warwick RM, Price R. Ecological and metabolic studies on free-living nematodes from an estuarine mudflat. *Estuarine Coastal Marine Science*. 1979;9:259-271; Available from: [https://doi.org/10.1016/0302-3524\(79\)90039-2](https://doi.org/10.1016/0302-3524(79)90039-2).
16. Boufahja F, Beyrem H, Essid N, Amorri J, Mahmoudi E, Aissa P. Morphometry, energetics and diversity of free-living nematodes from coasts of Bizerte lagoon (Tunisia): an ecological meaning. *Cahiers de Biologie Marine*. 2007;48(2):121;.
17. Baguley JG, Montagna PA, Hyde LJ, Rowe GT. Metazoan meiofauna biomass, grazing, and weight-dependent respiration in the Northern Gulf of Mexico deep sea. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*. 2008;55(24-26):2607-2616; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2008.07.010>.
18. Ngo XQ, Vanreusel A, Smol N, Chau NN. Meiofaunal assemblages in the Mekong estuarine system with special focus on free-living marine nematodes. *Ocean Science Journal*. 2010;45(4):213-224; Available from: <https://doi.org/10.1007/s12601-010-0020-5>.
19. Tran TT, Nguyen-Le QL, Nguyen TMY, Ngo XQ, Hoang NS. Nematode communities as a tool for the assessment of ecological quality status of sediment: the case of Ba Lai River, Ben Tre Province. *Journal of Biotechnology*. 2018a;15(3A):295-302;.
20. Tran TT, Le QL, Le HD, Nguyen TMY, Ngo XQ. Intertidal meiofaunal communities in relation to salinity gradients in the Ba Lai river, Vietnam. *Journal of Vietnamese Environment*. 2018b;10(2):138-150; Available from: <https://doi.org/10.13141/jve.vol10.no2.pp138-150>.
21. Tran TT, Nguyen Le QL, Nguyen TMY, Vanreusel A, Ngo XQ. Biodiversity and distribution patterns of free-living nematode communities in Ba Lai River, Ben Tre Province. *Journal of Science and Technology*. 2018c;56(2):224-235; Available from: <https://doi.org/10.15625/2525-2518/56/2/10667>.
22. Phương T, Đoàn Tú. Địa chỉ Bến Tre. NXB Khoa học và Xã Hội; 2001, 1421 trang;.
23. Tuan LA, Du LV, Skinner T. Rapid Integrated & Ecosystem-Based Assessment of Climate Change Vulnerability & Adaptation for Ben Tre Province, Vietnam. Completed under the 'Global Cooperation on Water Resource Management' (WWF and Coca-Cola) and the 'Capacity building and sustainable production' programme (WWF - DANIDA) by World Wildlife Fund for Nature (WWF); 2012;.
24. Vincx M. Meiofauna in marine and freshwater sediments. In: Hall GS (Editors). *Methods for the Examination of Organismal Diversity in Soils and Sediments*. CAB International in association with United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization and the International Union of Biological Sciences; 1996. pp 187-195;.
25. De Grisse A.T. Redescription ou modification de quelques techniques utilisées dans l'étude des nematodes phytoparasitaires. *Meded Rijksfakulteit Landbouwwetenschappen Gent*. 1969;34:351-369;.
26. Platt HM, Warwick RM. Free-living Marine Nematodes (Part I. British Enoplids), *Synopses of the British Fauna No 28*, Linnean Society of London/Estuarine and Brackish Water Society; 1983;.
27. Platt HM, Warwick RM. Free-living Marine Nematodes (Part II. British Chromadorids), *Linnean Society of London and the Estuarine and Brackish - Water Sciences Association*; 1988;.
28. Warwick RM, Platt HM, Somerfield PJ. Free living marine nematodes (Part III. Monhysterids), *The Linnean Society of London and the Estuarine and Coastal Sciences Association*, London; 1988;.
29. Zullini A. The Identification manual for freshwater nematode genera, *Lecture book*, MSc Nematology Ghent University; 2005;.
30. Thanh NV. Động vật chỉ Việt Nam. Tuyển trùng sống tự do Bộ Monhysterida, Araeolaimida, Chromadorida, Rhabditida, Enoplida, Mononchida, và Dorylaimida. Hà Nội, NXB Khoa học và Công nghệ; 2007;.
31. Bezerra TN, Eisendle U, Hodda M, Holovachov O, Leduc D, Mokievsky V, Peña Santiago R, Sharma J, Smol N, Tchesunov A, Venekey V, Zhao Z, Vanreusel A. Nemys: World Database of Nematodes. Accessed at <http://nemys.ugent.be> on 2021-04-21;.
32. Soetaert K, Muthumbi A, Heip C. Size and shape of ocean margin nematodes: morphological diversity and depth-related patterns. *Marine Ecology Progress Series*. 2002;242:179-193; Available from: <https://doi.org/10.3354/meps242179>.
33. Schratzberger M, Warr K, Rogers SL. Functional diversity of nematode communities in the southwestern North Sea. *Marine Environmental Research*. 2007;63:368-389; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2006.10.006>.
34. Wieser W. Benthic studies in Buzzards Bay II. The meiofauna. *Limnology and oceanography*. 1960;5(2):121-137; Available from: <https://doi.org/10.4319/lo.1960.5.2.0121>.
35. Vanaverbeke J, Arbizu PM, Dahms HU, Schminke HK. The metazoan meiobenthos along a depth gradient in the Arctic Laptev sea with special attention to nematode communities. *Polar Biology*. 1997;18(6):391-401; Available from: <https://doi.org/10.1007/s003000050205>.
36. Soetaert K, Vanaverbeke J, Heip C, Herman PM, Middelburg JJ, Sandee A, Duineveld G. Nematode distribution in ocean margin sediments of the Goban Spur (northeast Atlantic) in relation to sediment geochemistry. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*. 1997;44(9-10):1671-1683; Available from: [https://doi.org/10.1016/S0967-0637\(97\)00043-5](https://doi.org/10.1016/S0967-0637(97)00043-5).
37. Holme NA, McIntyre AD. *Methods of the study of marine benthos*. Blackwell Scientific Publications, Oxford; 1971;.
38. Statgraphics Centurion 18. The User's Guide to STATGRAPHICS[®] Centurion 18. StatPoint Technologies; 2017. 305p;.
39. Romeyn K, Bouwman LA. Food selection and consumption by estuarine nematodes. *Aquatic Ecology*. 1983;17:103-109; Available from: <https://doi.org/10.1007/BF02280819>.
40. Soetaert K, Franco M, Lampadariou N, Muthumbi A, Steyaert M, Vandepitte L, Vanden Bergh E, Vanaverbeke J. Factors affecting nematode biomass, length and width from the shelf to the deep sea. *Marine Ecology Progress Series*. 2009;392:123-132; Available from: <https://doi.org/10.3354/meps08202>.
41. Moodley L, Steyaert M, Epping E, Middelburg JJ, Vincx M, van Avesaath P, Moens T, Soetaert K. Biomass-specific respiration rates of benthic meiofauna: Demonstrating a novel oxygen

- micro-respiration system. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 2008;357(1):41-47; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2007.12.025>.
42. Dye AH, Furstenberg JP. An ecophysiological study of the meiofauna of the Swartkops estuary. 2. The meiofauna: composition, distribution, seasonal fluctuation and biomass. *Zoology Africa*. 1978;13:19-32; Available from: <https://doi.org/10.1080/00445096.1978.11447602>.
 43. Vanreusel A, Vincx M, Schram D, Van Gansbeke D. On the vertical distribution of the metazoan meiofauna in shelf break and upper slope habitats of the NE Atlantic. *International Review of Hydrobiology*. 1995;80:313-326; Available from: <https://doi.org/10.1002/iroh.19950800218>.
 44. Van Damme D, Herman R, Sharma Y, Holvoet M, Martens P. Benthic studies of the Southern Bight of the North Sea and its adjacent continental estuaries: Progress Report 2. Fluctuation of the meiobenthic communities in the Westerschelde estuary. In: *Coordinated Research Actions Interuniversity Actions Oceanology: Symposium Reports*; 1980. pp 131-170;.
 45. Smol N, Willems KA, Govaere JC, Sandee AJJ. Composition, distribution and biomass of meiobenthos in the Oosterschelde estuary SW Netherlands. *Hydrobiologia*. 1994;282:197-217; Available from: https://doi.org/10.1007/978-94-011-1174-4_16.
 46. Vanreusel A, Clough L, Jacobsen K, Ambrose W, Jivaluk J, Ryeul V, Hermana R, Vincx M. Meiobenthos of the central Arctic Ocean with special emphasis on the nematode community structure. *Deep-Sea Research*. 2000;147:1855-1879; Available from: [https://doi.org/10.1016/S0967-0637\(00\)00007-8](https://doi.org/10.1016/S0967-0637(00)00007-8).
 47. Remane A, Schlieper C. *Biology of Brackish Water*. Wiley, New York. 1971. 372 p;.
 48. Udalov AA, Mokievskii VO, Chertoprud ES. Influence of the salinity gradient on the distribution of meiobenthos in the Chernaya River Estuary (White Sea). *Oceanology*. 2005;45(5):719-727;.
 49. Austen MC, Warwick RM. The specificity of meiobenthic community response to different pollutants: results from microcosm experiments. *Marine Pollution Bulletin*. 1989;28(9):557-563; Available from: [https://doi.org/10.1016/0025-326X\(94\)90075-2](https://doi.org/10.1016/0025-326X(94)90075-2).
 50. Nguyen VS, Chau MK, Vo QM, Nguyen TKP, Araki M, Perry RN, Tran AD, Dang DM, Tran BL, Chol GL, Toyota K. Impacts of saltwater intrusion on soil nematodes community in alluvial and acid sulfate soils in paddy rice fields in the Vietnamese Mekong Delta. *Ecological Indicators*. 2021;122:107284; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107284>.
 51. Dailidiene I, Davuliene L. Spatial and temporal variation of water salinity in the Curonian Lagoon. In: *Evolution in hydrography, 6th-9th November 2006, Provincial House Antwerp, Belgium: proceedings of the 15th International Congress of the International Federation of hydrographic societies. Special Publication of the Hydrographic Society 55*; 2006. pp 178-182;.
 52. Fleeger JW, Grippo MA, Pastorick ST. What is the relative importance of sediment granulometry and vertical gradients to nematode morphometrics?. *Marine Biology Research*. 2011;7(2):122-134; Available from: <https://doi.org/10.1080/17451000.2010.492221>.
 53. Losi V, Moreno M, Gaozza L, Vezzulli L, Fabiano M, Albertelli G. Nematode biomass and allometric attributes as indicators of environmental quality in a Mediterranean harbour (Ligurian Sea, Italy). *Ecological Indicators*. 2013;30:80-89; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.01.034>.
 54. Wetzel MA, Jensen P, Giere O. Oxygen/sulfide regime and nematode fauna associated with *Arenicola marina* burrows: new insights in the thiobios case. *Marine Biology*. 1995;124(2):301-312; Available from: <https://doi.org/10.1007/BF00347134>.
 55. Nguyen TMY, Vanreusel A, Lidia L, Tran TT, Tania NB, Ngo XQ. The effect of a dam construction on subtidal nematode communities in the Ba Lai Estuary, Vietnam. *Diversity*. 2020;12:137-154; Available from: <https://doi.org/10.3390/d12040137>.
 56. Fichet D, Boucher G, Radenac G, Miramand P. Concentration and mobilisation of Cd, Cu, Pb and Zn by meiofauna populations living in harbour sediment: their role in the heavy metal flux from sediment to food web. *Science of the Total Environment*. 1999;243/244:263-272; Available from: [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(99\)00401-5](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(99)00401-5).
 57. Ngo XQ, Yen NTM, Thai TT, Chau NN, Hiep ND, Smol N, Lins L, Vanreusel A. Nematode morphometry and biomass in the Saigon River harbours in relation to antifouling contaminants. *Nematology*. 2017;19(6):723-738; Available from: <https://doi.org/10.1163/15685411-00003083>.
 58. Ngo XQ, Chau NN, Smol N, Prozorova L, Vanreusel A. Intertidal nematode communities in the Mekong estuaries of Vietnam and their potential for biomonitoring. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2016;188(2):91; Available from: <https://doi.org/10.1007/s10661-016-5091-z>.

The morphometry, biomass, and respiration of free living nematodes in the Ba Lai river, Ben Tre province, Vietnam

Tran Thanh Thai¹, Nguyen Thi My Yen¹, Lam Van Tan², Pham Ngoc Hoai^{3,4}, Ngo Xuan Quang^{1,3,*}



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

ABSTRACT

Free living nematodes play an important role in benthic ecosystem processes and they have been widely used as an efficient tool to assess the environmental quality status. Although the morphometry and biomass are two important aspects to consider in ecological studies of free living nematodes, little attention has been paid to these characteristics. The paper aimed to describe the morphometry, biomass, and respiration of free living nematodes in the Ba Lai River, Ben Tre province, Vietnam. The study also evaluated the relationship between these characteristics and the salinity of the river. The results showed that nematodes communities were dominated by slender, followed by long/thin, and stout. The individuals in nematodes communities in the Ba Lai River were characterised by small sizes in both length and width, leading to the low biomass and respiration. The mean individual biomass ($\mu\text{gC.ind}^{-1}$) ranged from 0.02 to 0.045, while the assemblage biomass (mgC.m^{-2}) varied from 1.28 to 224.29. The mean individual respiration ($\text{nLO}_2.\text{hour}^{-1}.\text{inds}^{-1}$) ranged from 0.32 to 0.67, and between 0.27 and 24.99 for the assemblage respiration ($\text{mLO}_2.\text{day}^{-1}.\text{m}^{-2}$). In addition, the length, length/width ratio, the proportion of morphological groups, total biomass, total respiration, and respiration rate were significantly correlated with the salinity of the river. This was the first time that the evaluation of the respiration of free living nematode communities in Vietnam was done. Besides traditional features (e.g. abundance, biodiversity, distribution patterns), these studied characteristics, including the morphometry, biomass, and respiration of free living nematodes, could be used as a potential tool for bioindicators.

Key words: aquatic organisms, benthic invertebrates, biomonitoring, bioindicators, Mekong Delta

¹Institute of Tropical Biology, Vietnam Academy of Science and Technology

²Ben Tre Department of Science and Technology. Ben Tre Province

³Graduate University of Science and Technology, Vietnam Academy of Science and Technology

⁴Institute of Applied Technology, Thu Dau Mot University. Binh Duong Provinces

Correspondence

Ngo Xuan Quang, Institute of Tropical Biology, Vietnam Academy of Science and Technology

Graduate University of Science and Technology, Vietnam Academy of Science and Technology

Email: ngoxuanq@gmail.com

History

- Received: 31-5-2021
- Accepted: 10-01-2022
- Published: 01-02-2022

DOI : 10.32508/stdjns.v6i1.1082



Copyright

© VNUHCM Press. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



Cite this article : Thai T T, Yen N T M, Tan L V, Hoai P N, Quang N X. **The morphometry, biomass, and respiration of free living nematodes in the Ba Lai river, Ben Tre province, Vietnam.** *Sci. Tech. Dev. J. -Nat. Sci.*; 6(1):1752-1765.

Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ Đại học Quốc gia Tp. Hồ Chí Minh



Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ

ISSN: 1859-0128

Hình thức xuất bản: In và trực tuyến

Hình thức truy cập: Truy cập mở (Open Access)

Ngôn ngữ bài báo: Tiếng Anh

Tỉ lệ chấp nhận đăng 2021: 72%

Phí xuất bản: Miễn phí

Thời gian phản biện: 43 ngày

Lập chỉ mục (Indexed): Google Scholar, Scilit



SCAN ME



**Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ -
Khoa học Tự nhiên**

ISSN: 2588-106X

Hình thức xuất bản: In & trực tuyến

Hình thức truy cập: Truy cập mở

Ngôn ngữ bài báo: Tiếng Việt

Tỉ lệ chấp nhận đăng 2021: 75%

Phí xuất bản: Miễn phí

Thời gian phản biện: 30-45 ngày

Lập chỉ mục (Indexed): Google Scholar, Scilit



SCAN ME



**Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ -
Kỹ thuật và Công nghệ**

ISSN: 2615-9872

Hình thức xuất bản: In & trực tuyến

Hình thức truy cập: Truy cập mở

Ngôn ngữ bài báo: Tiếng Việt

Tỉ lệ chấp nhận đăng 2021: 61%

Phí xuất bản: Miễn phí

Thời gian phản biện: 50 ngày

Lập chỉ mục (Indexed): Google Scholar, Scilit



SCAN ME



**Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ -
Kinh tế-Luật và Quản lý**

ISSN: 2588-1051

Hình thức xuất bản: In & trực tuyến

Hình thức truy cập: Truy cập mở

Ngôn ngữ bài báo: Tiếng Việt

Tỉ lệ chấp nhận đăng 2021: 65%

Phí xuất bản: Miễn phí

Thời gian phản biện: 45 ngày

Lập chỉ mục (Indexed): Google Scholar, Scilit



SCAN ME



**Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ -
Khoa học Xã hội và Nhân văn**

ISSN: 2588-1043

Hình thức xuất bản: In & trực tuyến

Hình thức truy cập: Truy cập mở

Ngôn ngữ bài báo: Tiếng Việt

Tỉ lệ chấp nhận đăng 2021: 62%

Phí xuất bản: Miễn thu phí đối với tác giả là CBVC của ĐHKHXHNV, ĐHQG-HCM; Tác giả khác: 500.000 VNĐ/bài

Thời gian phản biện: 75 ngày

Lập chỉ mục (Indexed): Google Scholar, Scilit



SCAN ME



**Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ -
Khoa học Trái đất và Môi trường**

ISSN: 2588-1078

Hình thức xuất bản: In & trực tuyến

Hình thức truy cập: Truy cập mở

Ngôn ngữ bài báo: Tiếng Việt và tiếng Anh

Tỉ lệ chấp nhận đăng 2021: 87%

Phí xuất bản: liên hệ tòa soạn

Thời gian phản biện: 45 ngày

Lập chỉ mục (Indexed): Google Scholar, Scilit



SCAN ME



**Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ -
Khoa học Sức khỏe**

ISSN: 2734-9446

Hình thức xuất bản: In & trực tuyến

Hình thức truy cập: Truy cập mở

Ngôn ngữ bài báo: Tiếng Việt

Tỉ lệ chấp nhận đăng 2021: 70%

Phí xuất bản: Miễn phí

Thời gian phản biện: 30 ngày

Lập chỉ mục (Indexed): Google Scholar, Scilit



SCAN ME

Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ, Đại học Quốc gia Tp.HCM

25 năm xuất bản học thuật (1997-2022)

Tòa soạn: Nhà điều hành Đại học Quốc gia Tp.HCM, P. Linh Trung, TP. Thủ Đức, TP. HCM

Email: stj@vnuhcm.edu.vn; tcptkcn@vnuhcm.edu.vn; Website: <http://www.scienceandtechnology.com.vn>